

地质科技资料选编 (七十一)

国外沉积相及古地理 资料汇编

(二)

古地理研究方法
上

地质矿产部情报所
一九八二年六月

10925



00278638

前言



古地理研究，在地学领域中，具有相当重要的意义。近年来，国外这方面的研究取得了不少进展。

本专辑共分上、下两册，内容包括八个方面：（1）确定剥蚀区位置；（2）查明古盆地特征；（3）研究古水深方法；（4）测定古水流方法；（5）查明古气候和古温度方法；（6）测定古盐度方法；（7）利用地球化学、矿物从事古地理分析；（8）古地理图和剖面图的编制。

古地理研究对寻找油、气、煤、铀有着密切关系。根据国家对能源日益增长的需要，我们在部地矿司、地科院科技处的支持下，在所、室领导下，编译了这本专辑。它对我国从事有关方面的科研、教学单位将是一本重要的参考书，对广大第一线从事有关工作—特别是从事石油、煤炭及沉积矿产工作的人员更具有实际的借鉴意义。

本专辑的组织及编辑工作由奚瑾秋同志、王绍全同志负责，并有夏祖葆、杨锁洪及王慧同志参加，最后经马万钧同志、罗永国同志审定。排印、出版、发行工作由周质朴等同志完成，图件清绘全部由我所舒令泓同志承担，在此谨向他们表示谢意。

由于时间仓促，水平有限，缺点、错误在所难免，敬希指正。



地质矿产部情报所 基础地质室地层组

(1982. 6)



200393341

目 录

1. 国外古地理研究的一些问题	(1)
一、研究古地理的意义及其研究历史	(1)
二、古地理恢复的方法学基础	(3)
三、古地理研究与矿产的关系	(6)
四、国外古气候研究	(7)
五、国外古水流研究	(16)
六、国外古水深研究	(17)
七、国外测定古盐度的一些方法	(20)
八、物源区的位置	(23)
九、古地理图和剖面图的编制方法	(23)
2. 确定剥蚀区的位置	(27)
一、古地理学中“陆地”和“剥蚀区”的概念	(27)
二、沉积地层性质总的变化规律的分析	(28)
三、沉积物物质成分的特征及其变化的分析	(31)
四、研究岩石的构造特点	(37)
五、粉砂-砂质岩石碎屑物质构造和形态特征的研究	(40)
3. 根据碎屑石英确定原始剥蚀区的位置	(43)
4. 根据碎屑石英的研究结果确定剥蚀区的位置	(53)
5. 查明古盆地的特征	(58)
一、确定古盆底的地形	(58)
二、确定古盆地的深度	(59)
三、确定岸线位置	(63)
四、测定水介质的物理-化学性质	(64)
五、确定水的活动性	(68)
六、确定沉积物和水流的运动方向	(69)
七、确定水体底部的特点	(74)
八、根据动物和植物的埋藏特征查明沉积条件	(80)
6. 古堡岸线的识别标志	(85)
7. 古生代层序的古水深分析及其地球动力学意义	(107)
8. 水深测量法	(126)
9. 阿巴拉契亚南部古生代细屑岩中可用作古水流标志的定向化石	(155)
10. 用颗粒方位测定古水流和砂岩走向	(164)
11. 菊石壳作古水流标志	(174)

12. 古盐度的测定方法.....	(184)
13. 苏格兰晚前寒武纪（‘托里东’）红层的古盐度和环境解释.....	(192)
14. 自生流化铁作古盐度标志.....	(199)
15. 根据新西兰旺加努伊盆地三个第四纪地层中碳酸盐贝壳的碳和氧 同位素确定古盐度和古温度.....	(205)
16. 根据硼和粘土矿物数据计算古盐度.....	(211)

目 录

17. 古温度的测定方法	(221)
18. 贝壳碳酸盐中碳和氧的稳定同位素的古温度和含氯量	(230)
19. 固态有机物的岩石学特征可作为古温度和含油性的指标	(242)
20. 谈古温度的测定问题	(252)
21. 查明古气候的方法	(254)
22. 古气候再造的原理	(271)
23. 古气候、古地磁与大陆漂移	(292)
24. 利用地球化学资料从事古地理分析	(342)
25. 地球化学标志对恢复西西伯利亚晚白垩世岩层的古地理作用	(349)
26. 锆石的形态类型及其对恢复泽腊夫善—吉萨尔区早白垩世沉积层 的古地理意义	(352)
27. 利用砂质-粉砂质岩石中轻、重矿物粒径比值进行古地理再造	(355)
28. 为了作长期地理预测而进行古地理研究的任务	(357)
29. 古地理图的编制和应用	(361)
一、编制岩性古地理图的原则和方法	(362)
二、所建议的沉积岩分类	(370)
三、古地理图的时间间隔及其编图阶段	(377)
四、编制古地理图时恢复水平位移的问题	(378)
五、古地理图的辅助性图件	(379)
六、古地理图的意义	(380)
30. 盆地的各种图件和剖面图的编制	(381)
一、沉积盆地的轮廓	(381)
二、构造和地层格局	(382)
三、岩相	(401)
四、生物相	(411)
五、整理和表达	(412)
31. 古地理剖面图的编制方法	(424)

国外古地理研究的一些问题

一、研究古地理的意义及其研究历史

对地质实践来讲，古地理学研究的作用在不断增长，其原因在于寻找矿产的工作日益转入更大的深度和在基岩出露不好甚至完全被覆盖的地区进行。要想在这种条件下作出关于应当在哪儿找什么样的沉积矿产的有足够根据的科学预测，不利用古地理资料是难以办到的。

各种各样的沉积矿产都是在一定的自然地理条件下形成的。所以，关于每一个具体地区地质史上的自然地理环境的知识对科学地预测和寻找矿产来说是绝对必要的，没有古地理研究的预测图是不可思议的，甚至划分出各个时期的各种不同气候环境的分布范围，也会有助于指出在相应时代的沉积岩层中找到某些有用矿产的有利地区。当寻找某些矿产（如砂矿）时，不仅要知道古自然地理条件的特征，而且还应当知道古汇水区的岩石成分。当普查、勘探和开采与风化壳有关的矿产时，首要的常常是查明深埋的古地形的特征以及它的岩石成分。因此，事实上，古地理恢复的所有方面均可以在地质实践中利用。

古地理研究除能查明某一地区的地质史外，还可以预测和了解矿床形成后在古风化壳中的冲刷作用（有时还有再沉积作用）的影响下所经受的种种演变。在查明石油和天然气蕴藏的位置（尤其是它的岩石类型）时，古地理研究具有头等的作用。

古地理学在理论方面的科学价值也是不可低估的。古地理学能够使我们最有把握地和清楚地了解我们星球的地质史，查明自然条件和岩石成因发展的规律性。了解过去自然地理条件的变化原因和规律性使我们对未来的科学预见成为可能，尤其重要的是：这使我们可以评价人类活动对周围的自然界的作用可能引起的后果。为了避免有害的甚至是毁灭性的后果，科学地组织人类的活动，这种评价是必不可少的。

古地理的研究在很大程度上可以帮助我们查明许多具体的沉积物的形成条件（例如，不同时代的红层、碧玉铁质岩，盐类等等）。在查明地壳上某些地段的实际水平位移时，古地理学的极其重大作用也许是能解决“固定论”和“活动论”之间的争论。然而为解决这些以及许多其它问题，不仅需深入发展古地理的研究方法和提高古地理恢复的详细程度和可靠性，而且还要吸引大量的在各个地质领域内工作的为数众多的专家来解决古地理学的课题。

在国外最早期的地质文献中已有古地理方面的材料。然而，几乎到十九世纪中叶还没有专门的古地理著作，也没有古地理图。这是古地理学的史前阶段。在十九世纪后半叶编出了首批古地理图，而且也出现了专门的古地理著作。一般地说，在这些图上只是画出了现代陆地范围内的海盆地的轮廓，而这方面的论文也只见于杂志上。

从1896年起，“古地理学”这个术语就不断出现在法、奥、美、德等国研究工作者的著作中。

古地理学作为一门独立的科学是在上世纪与本世纪交替之际建立起来的，这是由于在那个时候不仅积累了大量的实际地质资料，而且出版了 A. П. Карпинский, M. Neumayr, E. Suess, E. Haug, И. Д. Лукашевич, Н. И. Андрусов, L. D'Allo, O. Abel, C. Schuchert 以及其他许多科学工作者的成为这门科学之基础的著作。从此以后，开始编制详细的、不同时期的、时距更短的——而不是像以往按纪和世那样的——古地理图。这方面的创始人是 A. П. Павлов 和 A. Д. Архангельский。1915 年 E. Dacque 的《古地理学的基础和方法》以及 1919 年和 1922 年 Th. Arldt 的《古地理学指南》二卷本的出版，标志着古地理学取得了“合法”身份。

从二十世纪三十年代起就在应用不同方法的基础上，着手进行详细的古地理研究工作，编制了大比例尺图，出版了专著和指南，这些文献不仅涉及整个古地理学，而且也涉及它的若干分支。在这个阶段的初期，B. П. Батулин 就以研究碎屑矿物成分为基础在古地理学方面开辟了新的领域。1930 年发表了 Kerner Von Marilaum 的《古气候学》和 B. Л. Личков 的《地史中的大陆运动和气候的变迁》。在三十年代里，苏联对古地理学的任务和目的存在着几种观点。A. А. Борисяк 强调指出，广义的古地理学应当重建过去地质时期的自然地理条件，气候条件和其它条件，而这就是研究地壳中沉积地层的最终目的。A. Н. Мазарович 认为，古地理学应该就是过去的地理学。

到四十年代末，A. В. Хабаков 提出了“动态古地理学”这个概念，要求恢复过去的水体和空气介质的运动。

到五十年代初，M. Schwarzbach 和 C. Brooks 又发表了《古气候》一书。1959 年出版了 Л. Б. Рухин 的《普通古地理学基础》并被列为苏联高等院校古地理专门课程的教材；这是一本有重大价值的著作，对苏联古地理学的发展起了促进作用。至于 Н. М. Страхов 创立的沉积岩形成作用的气候类型学说以及 К. К. Марков, B. П. Жижченко 和 B. И. Попов 等人的著作的问世，均对古地理学的发展有很大的影响。以 A. Д. Архангельский 为首的集体著作，1954—1961 年 A. Б. Ронов 和 B. Е. Ханн 发表的成套的覆盖面积广袤的古地理图，A. И. Егоров, B. М. Синицын 的专著以及其它专辑里的文章，都总结和综合了古地理的资料。

七十年代特别强调了古地理再造的实际意义。有些研究工作者将它归入应用科学。A. В. Сидоренко 不止一次地指出古地理学有极其重要的实际的目的。他认为，不对沉积物成因的地球化学问题和古地理学作深入的研究，矿产资源的问题是解决不了的。1972 年 4 月，A. В. Сидоренко 在沉积岩石学委员会全体会议上所作的报告中特别提到：“古地理学首先是一门地质的科学，它对解决矿床普查和勘探的实际问题具有很大意义。没有这门科学的发展，我们就不能认识矿产分布的规律”。

当代古地理学发展的特点是：资料积累迅速，尤其是为恢复古地理所必需的实际资料的数量极多，因此，要一个研究者来编制大面积的古地理图是不可能的。这虽然在欧亚古地理概略图册的编制中已有所反映，但在近几年表现得更突出。比如，在编制比例尺为 1:750 万的《苏联岩相-古地理图册》时，就有数百名学者参加。

古地理学的迅猛发展，它在解决各种不同的实际地质问题中的作用也不断增大，因而促成它在国际地质会议上被作为独立的课题来讨论，并且召开了讨论古地理学的国际会议，比

如古气候学讨论会等等。编制古地理图的方法是全苏第五届沉积岩石学会议的议题。1976年在苏联科学院地球科学分部的沉积岩石学委员会下设立了相分析方法和古地理学研究室，由А. В. Хабаров主持这项工作。这个组织召开了两次全苏会议。于1977年召开了根据地理学研究合理利用自然资源的全苏会议。近年来的许多著作中，专门探讨了古地理学的产生和发展的问题。

本节奚瑾秋根据：1. 苏联文献中关于古地理学概念的演进，
Ю. Я. Соловев «Известия Академии Наук СССР
Серия Геологическая» 1979; 2. «Методы палеогео-
графических исследований» Н. Н. Верзилин
等资料摘编

二、古地理恢复的方法学基础

古地理学的基本任务是查明过去的自然地理条件（尤其是古老的沉积带的自然地理条件），恢复不同成分的沉积物 and 不同成因类型沉积物的分布范围。其实用意义是：在综合研究岩石（包括其中的化石）的基础上，查明过去的自然地理条件，以便根据获得的资料来判断在地壳中某些无法观察到的部位的沉积岩及矿产的可能分布情况。

在地理学方面，古地理的恢复之所以重要，首先是因为它可以作为了解现代景观形成史的手段和对其未来作出预测的根据，从而在某种程度上提出合理利用自然资源的建议。

毫无疑问，古地理学的实际意义在逐年增长。地表矿床大部分已被发现，因此矿床普查不得不在更大的程度上转移到深部，或者是在覆盖区进行，而这些如果没有古地理的资料是不可能做到的。有关未来生物圈的问题就更尖锐了。假如尚未充分查明过去自然地理环境变化的原因和规律，那么我们对将来能说些什么呢？又能提出哪些措施来保护和改善自然条件呢？就这种意义上讲，应了解过去来推论将来，这样就只有依靠古地理学了。

一些人认为，能够对之进行研究的地质体，是恢复古地理的实际基础，而将今论古法（也就是比较沉积岩石学的方法）则可作为方法学的基础。根据这个原则，为要查明古代沉积物的形成条件，就应该了解与之类似的现代沉积物的堆积条件。所以，通常认为，当代的事物是打开过去事物秘密的钥匙。实际上也是，只有在查明产生现代沉积物的各种特点的原因之后，才能在阐明古地层里的相似特征的基础上推论后者的形成条件。如Н. М. Страхов始终坚持这样的观点：使人们对沉积岩形成作用总过程认识发生变化的主要因素是关于现代沉积过程的知识扩大和深化以及比较沉积岩石学方法的完善。

另外一些人则认为，沉积物堆积过程，像自然地理条件一样，是随着地质时期的进程而经历了不可逆的演化（生物层的发展尤其如此）。因此，难怪古代地层所具有的某些沉积岩现在已经不再形成了，而且在古代的沉积地层中也并非总能找到与现代沉积物相当的物质。

А. Л. Яншин列举了一些实例，令人信服地说明，由于未能对现代地理环境进行认真细致的研究，从而有损于正确解释古地理学。他说，Кара-Богаз-Гол湾这个典型的泻湖是现代唯一的最大的盐类堆积地。面积较小的现代盐类堆积地均属内陆盆地或干旱带的滨海浅水泻湖。А. Л. 扬申指出，按将今论古的原则，在很长一段时期内占统治地位的是这种概

念：许多古老的含盐层均形成于浅水的泻湖内。但是却没有注意到，古老的盐盆地的面积常常是很大的（有时能比现代的 Кара-Бораз-Гол 湾大一千倍），含盐厚度则可达 3 公里。德国及苏联地质学者认为古老的成盐盆地不是现代地质学概念中的那种泻湖，而是十分巨大的宽广的陆缘海，它们虽属浅海，但与含盐度正常的海和大洋相通。

Н. Н. Верзилин (1979) 认为，在详细的古地理研究中限制着广泛采用将今论古原则的主要因素，看来并不是地质史上自然地理条件不可逆性的演化，而是现代的沉积物不同于古代的岩石，它甚至尚未进入成岩作用阶段，更不用说随后的岩石变化阶段了。在成岩作用阶段，沉积物的特征可以有强烈的变化。例如，现代的粉砂-砂岩的碎屑组份与相应的古代沉积物的成分就有显著的差别。资料说明，在成岩作用中由于沉积物内不稳定矿物的分解可以使 20—40% 的砂粒消失。因此，甚至在同样条件下形成的现代的和古代的粉砂-砂岩，其结构特征也可以有极大的差别。在成岩作用阶段和随后的岩石改造阶段中，沉积岩层中的一些粘土矿物，尤其是各种各样的化学沉积组份的结构特点和成分会发生显著的变化。

总之，在地质时代中，沉积作用过程的演化以及在成岩作用中沉积物的彻底改造，要求我们对古老的沉积物专门制定一些方法和手段，以确定它们的形成条件和再现其古地理环境。

关于查明碎屑岩形成条件的方法，人们普遍认为，分析现代碎屑沉积物的堆积规律对于利用将今论古这一原则来说特别重要，因为只有对碎屑沉积物才能认为控制其沉积的自然规律实际上没有变化，而现代的化学的和生物成因的沉积物的堆积条件与古代沉积物相比是不尽相同的。

因为成岩作用对粘土矿物成分特征的形成影响很大，所以应当认为，有关现代沉积物中这些矿物的成分与汇水区的自然地理条件或与大陆携带来的物质的成分的关系的结论，不能机械地搬到古老的沉积物上去。古老岩石中的粘土矿物组合与现代岩石中的相似，它们沉积时的自然地理条件也可能有明显差别。相反，具有特殊矿物组合的岩石却可能是由在接近现代的环境下堆积物形成的。所以为了判断古老地层中粘土矿物的形成条件，从而得出关于这些地层形成的古地理环境的结论，就必须查明矿物成分在时间和空间上的变化规律，必须查明它们的成分与在沉积过程中从剥蚀区携带来的泥质物质的成分之间的共性或差别。

应该注意到，如果现代沉积物中的粘土矿物主要提供关于邻近的汇水区的含有粘土组份的信息，那末古老岩石的粘土矿物则提供关于这些岩石形成条件的信息。所以对粘土矿物成分作出古地理解释的方法，不同于阐明现代沉积物中粘土矿物成因的方法。

说到关于在古地理学研究中应用现实主义原则的局限性时，Н. Н. Верзилин 提出了下面几点。利用现实主义原则必然会认为，现代的地质时期是“正常的”，也就是说它对地球的大部分地质历史是典型的。然而，情况并非如此。正如 Р. В. Фэйрбридж (1970) 所强调指出的，当前，地球是在“冰川”期的减退阶段经受第四纪间冰期的，这种情况极少出现于过去。所以最近一百万年中的气候同以往气候比较起来极不正常。过去的沉积条件同现代的沉积条件区别是很大的，可以举这样的例子来说明。按照用同位素法研究古地温的资料，老第三纪时期的大洋深水部分的温度至少有 8 °C，而现在在类似条件下温度几乎到处都在 1—2 °C 左右。有这样的估计，就是在地质上“正常的”古气候时期，在中纬度带上的大洋水和空气的温度比现今高 10 度，在赤道上高 3—5 度，而在两极则高 20 °C。

古地理恢复之所以复杂，不仅是因为应用现实主义原则的可能性会受到限制，而且也常常为各种不同的地质作用可以导致同样的结果。因此，根据已有的地质证据，往往不能够得出关于它们的成因的肯定结论。比如，石英砂可以在下列几种情况下产生：（1）风化壳中高度分解的物质的剥蚀和沉积；（2）原来成分复杂的砂质物在很长时期内机械地再沉积；（3）沉积带（富含有机物质的强酸性介质环境）中砂质物的“补充风化”；（4）较古老的石英砂和砂岩的再沉积。由此可见，只有在综合研究地质体的基础上，才能做出有充分依据的古地理恢复。这种做法之所以具有方法上的必要性，是因为在自然界没有任何事物能离开辩证唯物主义的一个基本规律——所有的自然现象都是互相联系的。

古地理研究和查明沉积岩石成因规律的研究一样，可以同解具有许多未知数的方程式相比拟。它们同样需要减少多半是彼此无关的、但作用于沉积岩形成过程的一些原因的未知数。在研究整个自然沉积区的沉积物（自然较之研究其中某一部分要容易些）时，可以查明什么时候和哪些因素能够对沉积作用的变化有影响，从而可减少未知数。

由于在古地理恢复时，利用现实主义方法的可能性受到限制，所以对几乎在同一个或接近于同一个地质时期内产生的地质体用类比法进行研究，也就是采用“将古比古”的方法就具有特殊的意义。对许多研究程度不同的相似的地层以及对不同的研究对象都可以应用这种方法。当然，如果在详细和全面地研究某一个对象的基础上，足以查明它形成的自然地理条件，那末可把类似的条件用于类似的对象，虽然资料也许还不足以用来直接讨论其形成条件。这些类似的对象在以后可以看作是在某一时代和地区内的一定的自然地理条件的指示标志。

例如，常常利用古风化壳残余物来查明过去的气候条件。这种方法建立在以古风化壳的特征与现代一定气候条件下的产物相比较的基础上。此外，还可以认为，古老的和现代的相似的风化壳是在相同的气候条件下形成的。

然而，这种方法并不是十全十美的。由于自然条件的演化，与今日的风化壳相类似的古老的风化壳，可以在显著不同的气候条件下和另一种环境中形成。为此，可以回顾一下 В. П. Петров (1967) 的论点：如果风化壳是不同年龄的，那末甚至成分相同的岩石，也可以在风化壳中形成不同的产物。

利用另一种方法更正确。首先是在某一个地区分辨出一定年龄的古风化壳。之后，在综合研究与它们具有同样年龄的地层的岩石-古地理的基础上，再现其形成时期的气候环境。在这以后就可以把邻近地区的岩性类似的具有同一年龄或年龄很接近的风化壳看作是存在于其形成地区的一定的气候条件的标志。如果在这个地区内的同一岩石组合，在接近的地质时期内，在不同的气候环境下，能形成显著不同的一些风化壳，那么这样的结论将是特别可靠的。

Н. Н. Верзилин 认为，进行古地理研究的要点，并非在于在古老地层里找到与现代沉积物相似的沉积物，以便由此在现实主义原则的基础上进行古地理再造，而在于要制定一些方法和手段，以便能根据这些古老的沉积物的特点来直接判断其形成时期的自然地理环境。这种做法是比较复杂的，但也是唯一正确的。充实、制定、实施和推广这些方法和手段，就是进一步发展现代古地理学的基本条件。在这里，进行专门的实验研究具有十分重要的意义。

三、古地理研究与矿产的关系

全世界矿物原料的80%以上都与沉积岩层或由沉积形成的变质岩有关。1972年在加拿大召开的24届国际地质学会议的总结资料中提出：到2000年，许多主要矿物原料的开采量，都将比1970年增加几倍。预计能源开采量的增长特别明显。

沉积成因的矿物燃料包括：天然气、石油、煤、油页岩。沉积物对于陶器和水泥工业是未加工的原材料。其它的沉积成因的非金属资源包括砂和砾石、石灰、建筑材料、铸模砂、漂白土、硅藻土。沉积成因的也有肥料——磷酸盐、钾盐和某些硝酸盐。甚至许多金属矿也是从沉积的矿床中得到的，它们是：大部分铁矿和铝矿以及某些锰矿、铜矿、铀矿和镁矿。来自沉积砂矿的锡、钨、金、铂、多种宝石以及某些稀有元素如锆及钽。

古地理研究与矿产的关系如下：

1. 油气

在整个油气田普查勘探的任何阶段都必须加强岩相古地理研究工作，只有把握住勘探对象的沉积环境，才能取得预期的勘探效果，否则勘探钻就变成了野猫钻，科学找油只能成为一句空话。

从1859年有了近代石油工业以来，一百多年时间，在世界各地已找到三万多个油气田。其中绝大多数是产在海相沉积层中。据M.T.哈尔蒂等人对国外260多个油田的统计资料，几乎全部油田都是在海相沉积地层中找到的，并且其中有92%是与中生代海相地层分不开的。

国外在新油气区的勘探工作中，极为重视沉积相古地理研究。如英国在北海盆地的勘探工作中，由于重视沉积相的研究，在不到10年的时间内（至1974年），发现了石油可采储量21.5亿吨，天然气1.4万亿立方米，其效果十分显著。

最近一、二十年，石油地质的一个重要课题就是研究三角洲沉积。因为，三角洲是产生和开发石油的四个主要沉积环境之一。

碎屑岩的三角洲相的沉积具备了油气富集的基本条件，它具有生油层、储油层、盖层密切配合的特点。可以认为，目前世界上所发现的以砂岩产层为主的大型油气区（或油气田）皆与三角洲沉积有关。

碳酸盐岩是主要由方解石和白云石等碳酸盐矿物组成的沉积岩。它是分布最广的沉积岩之一。它是重要的储油岩石，大约一半的石油和天然气储集于碳酸盐岩中。它还是重要的冶金、化工、建工、耐火以及提炼金属镁的原料，也是重要的地下水储集岩。另外，在其中还蕴藏着许多内生的或层控的金属和非金属矿产。因此，加强碳酸盐岩的基本理论的研究，主要是加强其岩石及岩相古地理学的研究，有很大的理论意义及实际意义。从石油地质观点出发，台内海盆为生油有利相带，台内滩为油气聚集有利相带。因此，详细研究和划分碳酸盐台地沉积相不但有其理论价值，更主要的是具有很重要的实际意义。

2. 铀矿：

河槽底的环境对于砂岩型铀矿是有利的产地。在墨西哥湾海岸平原上，铀的成矿作用限于在河槽里。

铀是未来主要能源之一。近二十年来发现,产在沉积岩中的铀矿床具有很大的实际价值。充填凹地的沉积岩中矿床根据构造—地质标志可把矿床分为三组:分布在平原盆地、山前一平原盆地和大的山间盆地的边缘;分布在平原盆地、山前一平原盆地和大的山间盆地斜坡上的受侵蚀的穹窿和局部隆起中;分布在小山间盆地中,古河谷中以及内陆盆地的边缘地带。

3. 铅锌矿床:

这类矿床也受岩相控制,或产在生物礁滩相中,或位于碳酸盐台地边缘部分的礁滩相后。研究表明,生物堆积体—生物礁、生物岩层对铅锌矿化的岩相控制作用在贝加尔山区许多构造—建造带都较为特征。总之,铅锌矿主要赋存于台地边缘浅滩相之砂屑灰岩、藻屑灰岩、藻灰岩、海绵状藻团粒以及鲕粒—核形石灰岩等灰岩组合中。

4. 铝土矿:

由于铝土矿和红土是在一定的地貌和气候条件下形成的,因而可用来恢复古地理和古气候。铝土矿和红土形成的有利气候条件目前认为只是出现在北纬 30° 和南纬 30° 之间。但是,中生代铝土矿延伸到北纬 60° ,古生代铝土矿甚至延伸到了北纬 77° —进入了北极圈(例如苏联的太梅尔半岛);但是在显生宙,铝土矿得以形成的气候条件的范围从未超过南北纬 55° 。

铝土矿和明矾石都是大陆海岸带的指示矿产。因为晚古生代、中生代和新生代的铝土矿矿床的分布与现代广阔海岸带一致,可以推测晚古生代以来陆壳和洋壳结合带的轮廓没有发生明显变化。

从上面的简单例子中,可以看出岩相古地理是地质学的重要基础学科之一。它的发展不仅影响找矿,而且关系到地质学的发展。当前,世界各国在发展相分析方法的同时,正在加强区域沉积岩石学和岩相古地理的研究。

本节奚瑾秋根据:

(1) 苏联沉积岩石学基本问题及其发展途径《Известия высших учебных заведений Геология и разведка》1978, 12 及 (2)《地质科技动态》1980. 1 世界铝土矿概述等文编写。

四、国外古气候研究

1. 古气候研究的意义

古气候是古地理环境中一个极其重要的因素,这一因素对过去所有外生作用及生物界生存条件,都有深远的影响。因此,在过去的地表上所形成的沉积岩及沉积岩中所包含的古老植物化石及动物化石,都留有其形成时期及形成地区所固有的气候烙印。实际上,沉积岩的所有地球化学、矿物、岩性-岩相特征以及动植物化石的形态、生态及尸体堆积特征,都是过去气候的标志。研究这些对象即可再造过去地质世纪的古气候,查明其地理及地质时代的规律性。

因此,具有古气候信息的各种地质资料,是构成古气候学的实际基础;分析和综合这方面所获得的资料,是在气候学和地理学的方法和理论原则基础上进行的。因而,古气候学是

依赖于地质学和地理学的一门边缘科学。按研究对象,属地质学,按研究方法,属地理学。

古气候学的基本任务,是查明过去气候的标志:矿物-岩性标志、地球化学标志、古植物标志、古动物标志、岩石构造标志、地球物理标志及地貌标志等;根据这些标志,再造古气候和阐明地球的气候史。

古气候研究具有很大的理论意义和实际意义。根据气候研究,可使我们较全面地查明外生地质作用,特别是沉积作用的发育条件。古气候再造可提高生物地理分区的准确性并有助于研究古动植物群生存的生态条件。在某些情况下,古气候研究还可用于验证各种大地构造假说。

古气候再造可使对形成时很大程度上取决于气候因素的那些沉积矿产的预测理论变得更确切和深化。再造过去的气候条件,可使我们较完善地提出某个地区或某个世纪在风化作用及沉积作用过程中化学元素运移和堆积的条件,以此更好地理解成岩作用带内所形成的矿床的分布规律。古气候再造还有助于发现和评价煤、铁和锰、铝土矿、铜、铅和锌、铀、盐类、农用矿产、贵重金属砂矿、含稀土矿物的砂矿以及占我们地球矿物原料总储量达70%的其它种类矿产。

古气候学的发展历史鲜明地显示出各学科的相互制约和相互促进。如果说古气候学的发展有赖于古地理学、沉积岩石学、地球化学、生物地理学,沉积矿床学的进展的话,那么目前这些学科的进一步发展在很大程度上也取决于古气候学的成就。

古气候研究对人为改造气候也是必要的。研究过去的气候变化史也有利于避免和改善人为地对气候带来的不良影响以及正确估价预期效果。

2. 古气候研究的简史

早在十七世纪就有人在欧洲和北美的目前一些气候十分干燥的地区,发现了某些热带植物及动物化石,根据这些化石,他们最早形成了古气候不同于现代气候的概念。

1686年,英国物理学家 R.Hooke 最早尝试利用古生物资料作古气候解释。他曾指出,地球上过去的气候比较温暖,并认为,地球上的气候变化由地轴变动所引起。1778年,法国自然科学家 Buffon 认为,地球上的气候变化是地球核部冷却的结果。

十七世纪和十八世纪是古气候研究的初始阶段。此时期的特点是,出现了一些最早的、仅仅建立在所找到的个别化石基础上的有关古气候的推测。

十九世纪上半叶,发现了欧洲第四纪冰川遗迹。它的发现曾引起了广大自然科学家的关注,当时曾提出了两种解释此现象的观点。一种观点认为是大陆冰川作用,另一种观点是漂运说,认为,在北欧所见到的漂砾是漂浮冰块带来的。十九世纪上半叶,似乎以支持后一种观点的人为主。到了十九世纪下半叶,出现许多支持大陆冰川作用观点的著作。1875年,瑞典人 O. 托瑞尔证明,在北欧平原上不同地方所见到的冰蚀岩块及陡岩的表面即是与作用于其上的大陆冰川有关,同时认为,这些冰川覆盖了整个斯堪的纳维亚半岛并向南分布到德国中部高地。许多研究者差不多都得出了类似的结论, O. 托瑞尔的这一结论很快得到了公认,而漂运说最终被多数人所放弃。

在此期间还积累了有关其它纪的古气候标志。在西欧第三纪的陆相地层中,曾发现了热带形态的植物化石,而在海相地层中,也发现了与热带气候有关的珊瑚礁。在德国及比利时

的含煤盆地中，曾发现了石炭纪的喜温植物化石。

1866年，莱伊尔在其著作中，第一次综合了直至该时期已知的古气候标志。他认为，地轴倾斜的变化、造山运动、陆地和海洋面积的变化、海水流都是引起气候变化的原因。

1847年，F. Romer作了古气候分区的首次尝试。他根据美国得克萨斯州白垩纪地层中厚壳蛤类的分布，拟定了两个气候带：温带——含厚壳蛤类及中温带——不含该类化石。F. Romer也对欧洲的白垩纪地层提出了类似的生物地理分带和相应的气候分带。

1856年，В. Т. Бланфорд发现了印度晚古生代地层中的冰川作用标志。他的发现表明，冰川作用不仅限于第四纪，而且也出现在更早时期。

因此，古气候研究史的第二阶段，即包括十九世纪前半叶，其特点是逐渐积累了有关古气候的资料，除了古生物化石外，还引用了岩性料资（冰碛岩、礁、盐类、煤）作为古气候标志。但是，这一阶段对古气候的认识仍停留在不完全的、粗略的以及许多方面是错误的认识上。

古气候研究的第三阶段，即开始于十九世纪下半叶到二十世纪初。此阶段，冰川作用问题仍然是人们注意的中心问题。1876年，П. А. Кропоткин在著名的《冰期研究》一书中指出，大陆冰川不仅覆盖了欧洲及北美的广大区域，而且也波及了亚洲北部广大区域。到十九世纪末，一些研究者已确定了许多冰期。

十九世纪六十年代，一些瑞士古植物学家如O. 格耶尔发表了有关第三纪植物的一些专著。他在这些著作中，从古植物研究中引出了许多古气候结论。

在十九世纪和二十世纪交界时期，出现了一些新的假说，这些假说以不同方式解释古气候的变化。

1896年，物理化学家S. Arrhenius认为，古气候的变化与大气圈中二氧化碳的含量有关。1899年，英国化学家、物理学家T. Chamberlain特别强调了海水循环作用对气候的影响。1910年，V. Ramsay将主要作用归结为造山运动。

此阶段的特点是，通过前几个时期的不断研究，逐步形成了一门真正科学的古气候学。这一时期的研究对过去时期的气候性质有了正确的认识。出现了较多的关于冰期及冰川作用的论述。

古气候研究发展的第四阶段，可归纳为从二十世纪初叶到目前。在此期间，古气候学的发展速度加快了，扩大了可作为古气候间接标志的范畴，发表了大量适用于古气候再造的岩性资料及古生物资料。出现了一些为进一步发展古气候学具有很大意义的综合性区域性研究成果。有关古气候研究的各种著作大大增多了，在这些著作中，综合了相当多的和性质不同的有关过去时期气候的证据，并做了许多试图追索气候演化的研究，如德国学者W. 科彭及A. 魏格纳将气候的变化与太阳辐射波动联系起来。美国学者K. 布鲁克斯将引起气候变化的因素归结为古地理条件。

特别是近二、三十年来，出现了研究各大区域古气候的一些著作：关于北美第三纪的气候、关于东亚新生代及中生代的气候、关于冈瓦纳大陆的气候、关于欧亚新生代及中生代的气候、关于苏联古气候等的各种论述。在M. Schwarzbach (1950, 1961)、H. M. Стрaхo^B的著作中以及在美、英学者的论文集中，阐述了古气候的一般问题及其研究方法。

除普遍将古生物资料、岩性资料用于古气候再造外，五十年代以来，又出现了利用同位

素研究测定古温度的方法以及古地磁研究用于古气候的再造,此外,还出现了研究木本植物年轮印痕以恢复古气候的方法等。这些方法目前已被广泛应用,同时作为古气候标志的研究范围也不断扩大了。

值得指出的是,在西欧和美国研究者的著作中,注意力多侧重于查明和探讨影响气候的因素,而对具体的古气候再造和编制古气候图的问题的论述较少。

目前古气候学已成为完全独立的一门科学。它与地层学、古生物学、地貌学、矿床学有着密切联系,而与地理学、气象学、地球物理学和天文学更有着直接因果关系,目前它仍处于不断的发展中。

3. 古气候的研究方法

古气候的几乎所有研究方法都依赖于研究各种气候的标志,并且视气候标志的不同而采用某一相应学科所应用的方法。除早已采用的古生物方法及岩性方法外,自二十世纪中叶以来,各种地球化学和地球物理学方法得到了广泛应用。迄今可将这些古气候研究方法大致归纳为三类:地质学方法、地球化学方法及地球物理学方法。

(一) 地质学方法

将矿物-岩性特征、古生物特征、风化作用特征、岩石构造特征、地貌特征、某些矿产形成特征等作为古气候标志的研究方法均属地质学方法。

1. 矿物-岩性标志:

可指示气候的一些主要岩石有:冰碛岩及各种冰碛物——寒冷冰期气候;含煤岩系、自生的高岭石粘土等——潮湿气候;盐类沉积物(石膏、硬石膏、萤石、天青石、石盐及钾盐)、碳酸盐红层、自生的蒙脱石粘土、坡缕石粘土和海泡石粘土——干燥气候;海相磷块岩及化学成因的碳酸盐类岩石——温暖或炎热气候;鲕状灰岩等——炎热气候。

2. 古生物标志:

某个地区的生物界的特点在很大程度上决定于气候条件,所以在进行古气候再造时,古生物化石有极其多种多样的用途。

1) 植物化石:植物化石具有很大的古气候意义,根据植物化石不仅能判断温度条件,而且还能判断古气候的温度。例如,炎热潮湿气候可根据热带森林植物群系再造,炎热-干燥气候可根据热带草原植物群系及早生稀疏森林植物群系的分布再造,落叶森林植物群系可作为温暖气候的标志。孢子花粉组合的分析研究也具有一定的古气候再造意义,它对研究第四纪及第三纪的气候,效果较好。

木本植物年轮印痕也可作为气候标志,这种方法只适合于对年轻地质时代或近代气候的研究。

2) 动物化石:动物化石可反映动物栖息环境的气候条件及温度状态,据此研究可进行古气候、古温度的再造。动物的种属成分,生态特点、生活方式、形态变种等均可反映气候的影响。温水中的生物有时比冷水中的生物丰富几十倍。温血动物一般倾向于在寒冷气候下变大,而在炎热气候下变小。

冷血动物——爬行动物和两栖动物具有相反的趋势。在热带陆地上的这类动物的代表个头最大,在寒冷气候条件下,它们的个头最小。

水生动物身体的大小与气候环境的关系不太明显。在一般情况下，在骨骼中大量聚集钙质的海生无脊椎动物是生活在温暖和炎热气候条件下的，这在造礁生物中表现尤其明显。不同气候带中的相似生物，其介壳的化学成分也略微不同。生活在冷水中的动物，其介壳和其它骨骼生长的年代标志通常都比较明显，数量多，而且还很相近，随着栖息深度的加大和向赤道推移，这种标志则表现得越来越不明显，有时甚至消失。

泥盆纪出现了陆生脊椎动物，后来随着时间推移，生态类型种属的成分又发生了更新，这种更新与地球上干燥和潮湿气候的交替是一致的。古生代和中生代的脊椎动物适应周围环境的能力较低，因此，其生态变种也比较少。新生代的哺乳动物具有广域的气候耐性，相应地，其栖居条件也是各种各样的，在这些哺乳动物中，可分为热带森林及热带草原动物群、落叶森林动物群以及温暖气候草原动物群。

3. 风化作用的标志

风化作用的发育程度和风化性质在很大程度上决定着所形成的沉积物的成分特点，而风化作用则与气候环境有着密切关系。风化作用的主要因素是温度、降水量和生物界，而所有这些因素都取决于气候。化学反应的速度也取决于温度。

在冰川气候环境中，所有化学风化作用都受到限制，实际上，只能发生机械风化作用。因此，不会形成新生矿物。

在中等潮湿气候下，发生风化作用时广泛形成水云母，有时含高岭石，而在炎热气候下发生风化作用时，则广泛形成高岭石，甚至堆积有游离的氧化铝。高岭石风化壳及其再沉积产物、红土风化壳、铝土矿都是炎热和潮湿气候的标志。风化壳中存在多水高岭土，表明风化壳是在可能与潮湿热带的气候差不多的潮湿和温暖气候条件下形成的。铁矿和锰矿也是明显潮湿气候的标志，但不一定是炎热气候的标志。

在炎热而潮湿的气候环境中发生风化作用时，大多数造岩矿物受到强烈破坏，因此，当风化壳遭到剥蚀时，往往形成石英砂和砂岩。由于介质显酸性，发生风化作用时，在潮湿风化壳和地面沉积物中未混入方解石、白云石、蒙脱石、坡缕石、海泡石和盐类矿物。在明显的潮湿气候条件下，即使在多半由碳酸盐类岩石组成的剥蚀区附近，也可形成不含（或几乎不含）碳酸盐类岩石碎块的（卵石沉积物），因为它们在酸性介质环境中消失了。

在干燥气候条件下发生风化作用时，常常产生的碱性环境有助于风化壳中形成蒙脱石，有助于钾长石的保存，并有助于碱金属和碱土金属不被带走。结果，风化壳和地面沉积物一样，也富集了碳酸盐矿物，蒙脱石、钾长石碎屑，有时甚至混入了盐类矿物。由于风化岩石遭到破坏，在邻近的水体中，经常堆积有长石质的粉砂-砂质沉积物，通常含大量碳酸盐。在因含碳酸盐类岩石的岩系遭到破坏而形成的粗屑状岩石中，由碳酸盐物质构成的卵石往往很丰富。

不同气候环境中风化作用的发育方向和强度特点，还可造成因风化壳受到剥蚀而在沉积区内堆积起来的碎屑组份在成分上的重大差异。

4. 岩石的某些构造标志

根据沉积物中的年水平层理（例如，在所谓的缟状土、某些泻湖沉积物中，可能还在很多碧玉铁质岩石中，以及在多寡浮游生物的多次互层中，等）可以判断古气候的季节性。其中尤以缟状土的年水平层理表现气候的季节性变化最为明显。这种粘土广泛分布在欧亚地区

的更新世冰缘带内,这一地带具有北极气候的特点,其温度季节性差异很大。

砂质-泥质沉积物的带状构造与有机物的不均匀(季节性)分布有关,这种构造在自然界中分布广泛,特别是在温和的和亚热带潮湿气候地区分布广泛,但由于缺乏有色薄层岩性差别,这种构造很难识辨。

含盐类沉积物的带状构造也可反映沉积过程中气候的季节性变化。含盐类沉积层是在温暖干燥气候条件下形成的,其季节性变化不仅与温度变化有关,而且也与潮湿状态有关。其中的带状构造一般表现在由石膏或石盐的纯薄层与被泥质颗粒所污染的同一成分薄层所构成的互层上。含盐沉积层中薄层的厚度显示出沉积的周期性变化。增大的厚度与较强烈的蒸发期有关,减少的厚度则与弱蒸发期有关,而蒸发期的强弱是与气候的变化直接有关。

5. 某些地貌标志。

各种地貌特征可作为大气降水量主要分布规律的古气候标志。现代沙漠中丰富的充水痕迹、河流网发育程度的变化、与长期存在的反气旋系统有关的风蚀形和风成形成带性、古雪线的位置及古冰川下降线、指示世界海洋面升降变化的阶地等都具有很大的古气候意义。

反映形成时期气候条件的所有这些地貌特征都是在正地形地区形成的。在正地形发育过程中,由于剥蚀作用,这些特征很快被消失掉。因此,为研究古气候目的应用地貌特征的可能性只能限制在第四纪。

6. 某些矿产的形成可作为古气候的标志。

考虑到气候对大范围的沉积环境以及侵蚀类型、风化产物和搬运方式等方面的主导作用,显然可以认为,这些控制因素肯定也会影响同生矿床的形成。这些作用业经 M. Schwarzbach 广泛讨论过。他认为,有些矿体(铝土矿矿体)本身就是古气候的标志。气候所造成的某些特点,可作为找矿的标志。

Н. М. Страхон 指出,最有利于形成同生矿床的环境是温暖而潮湿的气候环境。

干旱地带,虽然在提供“物质来源”方面不太活跃,然而,它能收容来自附近雨量充沛地带的物质,从而能成为金属富集场所。

除少数例外,最不利的环境恐怕是冰川环境。

许多研究者认为,分布在世界各大区的规模巨大的前寒武纪条带状含铁层的成矿作用,在很大程度上与气候有关。因此,这种矿床本身具有很大的指示古气候的意义。

一些研究者提出,铁是在温暖潮湿气候条件下,在老年期的地表上由化学风化形成的,尔后被剥蚀,并在毗邻的巨大封闭盆地中沉积下来。

然而,另一些研究者认为,化学沉淀作用是这类条带状含铁层的沉积机制,并且为沉积作用的季节性和超季节性控制提出了强有力的证据。他们认为,这类铁矿很可能是在干旱气候下形成的。

鲕状铁矿,据研究者们认为,多数鲕状铁矿的成矿条件是温暖的甚至是炎热的气候条件。有人进一步证明,鲕状铁矿是在温暖的、季节性潮湿气候下形成的。

锰矿,气候因素对大多数沉积锰矿的形成可能都是有影响的,尤其是残余的红土型锰矿。气候对海相鲕状锰矿和红层-碳酸盐型锰矿的影响,更为明显。

N. 瓦连佐夫将乌克兰的尼科波尔锰矿、格鲁吉亚的恰图拉锰矿、北高加索的一些渐新世锰矿和北乌拉尔的一些古新世锰矿都归属于海相鲕状锰矿这一类型。他认为,乌克兰和格